УДК 548.231:549.12:612.466.1

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ УРОЛИТОВ

О.А. Севостьянова, А.К. Полиенко

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Приводятся сведения о минеральном составе мочевых камней (уролитов). Рассматриваются диагностические признаки минералов различных классов (оксалатов, фосфатов, уратов). Исследованы как мономинеральные уролиты, так и камни более сложного минерального состава. Отмечаются кристаллографические особенности минералов класса оксалатов кальция, наиболее часто встречающихся в составе уролитов. Приведены рисунки, характеризующие разнообразие форм минералов класса оксалатов кальция.

Мочекаменная болезнь является распространённым заболеванием, выражающимся в образовании мочевых камней (уролитов) в почках и мочевыводящих путях. Основной причиной заболевания является нарушение обмена веществ в организме, особенно водно-солевого обмена. Большое значение имеет также изменение химического состава крови (в частности, её кислотно-щелочного равновесия), наступающее при инфекционных заболеваниях, болезнях печени и желудочно-кишечного тракта. Заболевания желез внутренней секреции, регулирующих водный и солевой обмен (щитовидная железа, паращитовидные железы, гипофиз), играют также значительную роль в возникновении мочекаменной болезни. Развитию заболевания способствует также состав пищи: растительно-молочная пища приводит к ощелачиванию урины, мясная, наоборот, к повышению её кислотности. Значительная роль в возникновении мочекаменной болезни придаётся также недостаточному содержанию в пище витаминов A и D. Все эти факторы способствуют кристаллизации в урине солей, которые обычно находятся в ней в растворённом состоянии. Выпавшие из раствора кристаллы формируются в органо-минеральные образования, называемые уролитами.

Абсолютное большинство уролитов имеет сложный минеральный состав. Такие камни некоторые авторы предлагают называть смешанными [1]. Так, доля смешанных оксалат-фосфатных камней по данным разных исследователей колеблется от 6,9 до 59, 4 %, уратных – от 5 до 50 % и т.д. [2]. В табл. 1 приведено процентное распределение мочевых камней по минеральному составу. На основании статистических исследований более 1000 камней выявлено, что из 297 мочекислых камней мономинеральными оказались 89,22 %, остальные – смешанными с оксалатами 98,41 % и ксантином 1,59 %. Камни почек составляли из этого количества 29,3 %, мочевого пузыря – 70,7 %. Из 472 щавелевокислых камней 451 камень локализован в почках и мочеточниках, 21 в мочевом пузыре. Из них мономинеральный состав имели 317 камней (67,16 %), в том числе 206 состояли из уэвеллита и 111 из уэдделлита. Смешанный состав имели 155 камней (32,84 %), из них уэвеллит-уэдделлитовые – 121, оксалат-фосфатные – 19, оксалат-мочекислые – 15.

Из 224 фосфорнокислых камней 182 (81,25 %) располагались в почках и мочеточниках и 42 (18,75 %) – в мочевом пузыре. Мономинеральными фосфатами было сложено 207 камней (92,41 %), из них 95 состояли из струвита, 100 – из гидроксилапатита: 6 – из брушита, 4 – из ньюбериита. 17 камней имели смешанный состав: гидроксилапатит-струвитовый, гидроксилапатит-оксалатный, струвит-оксалатный, цистиновый. Камни, состоящие из мочевой кислоты, преобладают в мочевом пузыре (75,81 %), из оксалатов – в почках (62,4 %).

В табл. 2 отражены данные о химическом и минеральном составе камней.

Список минералов взят из работ [3, 4]. По данным M. Gebhardt [5], отмечается присутствие октакальцийфосфата $Ca_8H_2(PO_4)_6{\cdot}5H_2O$, гипса $CaSO_4{\cdot}2H_2O$, бобьеррита $Mg_3(PO_4)_2{\cdot}8H_2O$, гумбольдита $Fe(COO)_2{\cdot}2H_2O$. Определен также фосфат цинка – минерал гопеит $Zn_3(PO_4)_2{\cdot}4H_2O$, образование которого связывают с поступлением в орга-

Таблица 1. *Распределение уролитов по минеральному составу*

Тип камней	Мономинеральные, %	Смешанные, %	Места локализации камней, %	
			почка	мочевой пузырь
Мочекислые	**89,22**	**10,78** оксалат – 98 ,41 ксантин – 1,59	29,3	70,7
Щавелевокислые	**67,16** уэвеллит – 65 уэдделлит – 35	**32,84** уэвеллит-уэдделлит – 78,5 оксалат-фосфат – 12,25 оксалат-мочекисл. – 9,25	95,0	5,0
Фосфорнокислые	**92,41** струвит – 45,9 гидроксил-апатит – 48,3 ньюбериит – 5,8	**7,59** гидроксилапатит-струвит гидроксилапатит-карбонат струвит-оксалат	81,25	18,75

Таблица 2. *Химический и минеральный состав мочевых камней*

Название, принятое в медицине	Химическое название	Минералогическое название	Химическая формула
Оксалаты	Оксалат Са моногидрат	Уэвеллит	$CaC_2O_4 \cdot H_2O$
	Оксалат Са дигидрат	Уэдделлит	$CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$
Фосфаты	Фосфат Mg и NH_4	Струвит	$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$
	Фосфат Са основной	Гидроксилапатит	$Ca_5(PO_4)_3 \cdot (OH)$
	Сложный карбонат фосфата Са	Карбонатапатит	$Ca_5(PO_4, CO_3)_3 \cdot (OH)$
	Кислый фосфат Mg трёхводный	Ньюбериит	$MgHPO_4 \cdot 3H_2O$
	Кислый фосфат Са двухводный	Брушит	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$
	Трехкальциевый фосфат	Витлокит	$Ca_3(PO_4)_2$
Карбонаты	Карбонат Са	Фатерит	$CaCO_3$
Оксиды	Оксиды и гидроокислы железа	Магнетит	Fe_3O_4
		Гематит	Fe_2O_3
		Гетит	FeOOH
		Лепидокрокит	FeOOH
Ураты	Мочевая кислота	–	$C_5H_4N_4O_3$
	Мочекислый дигидрат	–	$C_5H_4N_4O_3 \cdot 2H_2O$
	Аммонийурат	–	$C_5H_2O_3N_4(NH_4)_2$
	Натрийурат моногидрат	–	$C_5H_2O_3N_4Na_2 \cdot H_2O$
	Кальцийурат дигидрат	–	$C_5H_2O_3N_4Ca \cdot 2H_2O$

низм избыточных количеств цинка. По мнению некоторых исследователей [6], ньюбериит имеет вторичное происхождение, являясь продуктом разложения струвита.

Наши исследования мочевых камней [7] показали, что камни почек составляли из общего числа камней 77 %, камни мочеточников – 14 %, а камни мочевого пузыря – 9 %. По минеральному составу камни оксалатные составили 2,17 %, фосфатные – 19,56 %, мочекислые – 27,17 %. Оксалатнофосфатные камни из общего числа составили 4,32 %, мочекисло-оксалатно-фосфатные – 16,3 %, фосфатно-мочекислые – 25,0 %, мочекисло-оксалатные – 5,43 %.

Таким образом, обширный материал из работ ряда исследователей однозначно свидетельствует о том, что мочевые камни имеют чрезвычайно разнообразный состав; это обстоятельство невозможно объяснить какой-либо одной причиной. Многообразие причин, вызывающих появление камней, приводит к выводу [8], что их действие в каждом случае индивидуально.

Ниже приводится описание наиболее распространенных минералов класса оксалатов, наиболее часто встречающихся в мочевых камнях.

Из класса оксалатов кальция нами детально исследованы два минерала (уэвеллит и уэдделлит). Уэвеллит ($CaC_2O_4 \cdot H_2O$) относится к призматическому классу (2/m) моноклинной сингонии. Уэдделлит ($CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$) кристаллизуется в дипирамидальном классе (4/m) тетрагональной сингонии и проявляется в виде мелких кристаллов, представленных комбинацией тетрагональной дипирамиды и пинакоида. Уэвеллит обычно встречается в виде комбинации двух моноклинных призм {110} и {011}, изредка в сочетании с пинакоидом.

Наблюдения показали, что некоторые грани кристаллов обладают выпуклостью (кривогранностью), вызванной комбинацией определенного количества призм, о чем может свидетельствовать также штриховка на гранях кристалла. Гониометрические исследования показали, что габитус кристаллов уэвеллита, сформировавшихся в мочевой системе человека (рис. 1), существенно отличается от абиогенных разностей этого же минерала (рис. 2 и 3), о чем свидетельствует литература [9–13].

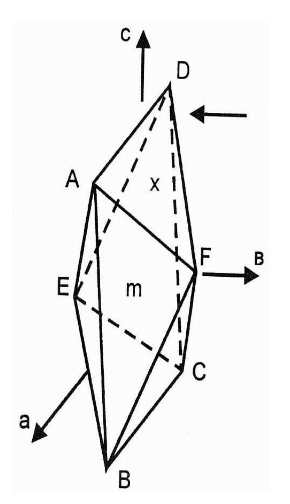


Рис. 1. *Кристалл биогенного уэвеллита (по данным авторов). X(011), m(110). A, B, C, D, E, F — вершины кристалла*

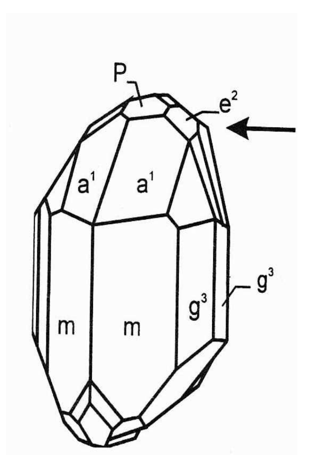


Рис. 2. *Абиогенный кристалл уэвелита [10].* *P(001), m(110), g³(120), a¹(101̄), e²(012)*

Реже можно наблюдать стреловидные кристаллы размером от 20...100 мкм до 2...4 мм и мелкие радиального строения сферолиты. Уплощенные конвертообразной формы кристаллы в виде тонких пластин нередко располагаются параллельно поверхности камня, образуя друзовидные нарастания на многих оксалатных камнях. В шлифах кристаллы уэвеллита часто имеют резко выраженную ромбовидную форму с углами между сторонами ромба 40...60° и 140...120°. Довольно часто эти углы составляют, соответственно, 50° и 130°.

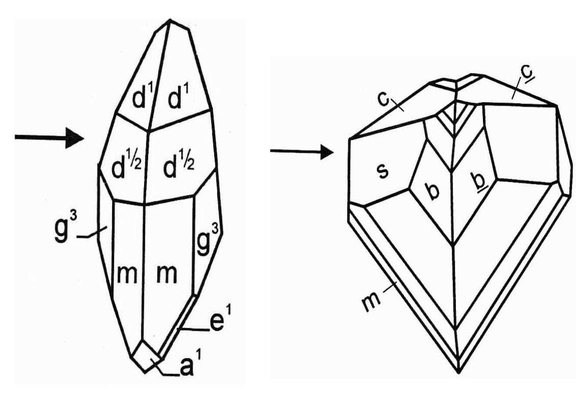


Рис. 3. Абиогенный кристалл уэвеллита [10]. $m(100)$, $a^1(\bar{1}0\bar{1})$, $e^1(011)$, $d^1(112)$, $d^{1/2}(111)$

Рис. 4. Двойник абиогенного кристалла уэвеллита [13]. $c(001)$, $s(\bar{1}32)$, $b(010)$

Для уэвеллита характерны двойники срастания по {101} с отчетливо выраженным двойниковым швом (рис. 4). Минерал обладает характерной интерференционной окраской: темно-красной, ярко-желтой, зеленой, голубой, что отличает его от уэдделлита, имеющего бледно-желтую до серой окраску. В кристаллах уэвеллита при изучении их под поляризационным микроскопом можно наблюдать ярко выраженную зональность роста.

Класс фосфатов представлен следующими минералами: струвит $MgNH_4PO_4{\cdot}6H_2O$, апатит $Ca_5(PO_4)_3{\cdot}(OH)$, витлокит $Ca_3(PO_4)_2$, брушит $CaHPO_4{\cdot}2H_2O$, ньюбериит $MgHPO_4{\cdot}3H_2O$.

В заключение следует отметить, что выполненные нами исследования двух минералов класса оксалатов кальция позволили сделать важный вывод. Эти минералы зарождаются на матрице, представляющей собой органическую основу. При дальнейшем росте минеральной составляющей мочевого камня в какое-то время её рост приостанавливается. Поверх минерального слоя отлагается тончайшая плёнка органики, и затем этот процесс многократно повторяется, и в результате этого внутреннее строение мочевого камня приобретает ритмически-зональное строение. Такое же строение имеют и отдельно рассматриваемые кристаллы минералов.

Это наблюдение имеет важное практическое значение для урологических исследований и выработки тактики при лечении и профилактике уролитиаза. Дело в том, что появляется возможность воздействия на мочевой камень медикаментозными средствами в области наибольшего нахождения органики, а также намечать наиболее удобные участки камня при их дроблении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колпаков И.С., Глики Н.В. Морфология и генез мочевых камней по данным поляризационно-оптического исследования // Урология и нефрология. – 1965. – № 5. – С. 15–22.
2. Козловский Ю.Г. О минералогической классификации мочевых камней // Урология и нефрология. – 1973. – № 2. – С. 24–26.
3. Единый Ю.Г, Дзюрак В.С., Свешников А.Г. О минеральном составе и структуре первичных и рецидивных камней почек и мочеточников // Врачебное дело. – 1976. – № 10. – С. 49–52.
4. Козловский Ю.Г. О минералогической классификации мочевых камней // Урология и нефрология. – 1973. – № 2. – С. 24–26.
5. Gebhardt M. Uber Biokristallisation und Epitaxie // J. Cryst. Growth. – 1973. – V. 20, № 1. – P. 6–12.
6. Lowenstam H.A. Minerals formed by organisms // Science. – 1981. – V. 211. – № 4487. – P. 1126–1131.
7. Полиенко А.К., Шубин Г.В., Ермолаев В.А. Онтогения уролитов. – Томск: Изд-во РИО "Пресс-Интеграл" ЦПК ЖК, 1997. – 128 с.
8. Кораго А.А. Биоминералогия – новое направление минералогической науки // Записки Всесоюзного минералог. общества. – 1980. – Т. 109, вып. 2. – С. 165–173.
9. Dana D. Descriptive mineralogy. Sixth edition. – London, 1900. – 1134 p.
10. Lacroix A. Mineralogie de la France et des ses colonies. – Paris, 1901. – V. 3. – 915 p.
11. Винчелл А.Н., Винчелл Г. Оптическая минералогия. – М.: Изд-во иностр. литер., 1963. – 562 с.
12. Штрунц Х. Минералогические таблицы. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 532 с.
13. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. – М.: Высшая школа, 1971. – 608 с.